

6/Priority
Paper
Lewis
3/31/00

35.C13974

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:
TADAHIRO OHMI, ET AL.

Application No.: 09/425,015

Filed: October 25, 1999

For: GAS SUPPLY PATH)
STRUCTURE, GAS SUPPLY :
METHOD, LASER)
OSCILLATING APPARATUS, :
EXPOSURE APPARATUS, AND)
DEVICE PRODUCTION METHOD : December 22, 1999

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: 2874

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

10-308690, filed October 29, 1998.

A certified copy of the priority document is enclosed.

RECEIVED
DEC 20 1999
TO 2800 MAIL ROOM

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

Laura A. Bauer
Attorney for Applicants

Registration No. 241767

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 49900 v 1

CFo 13974 US / sse

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

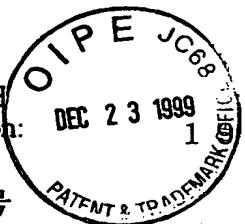
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: DEC 23 1999
198年10月29日

出願番号
Application Number:
平成10年特許願第308690号

出願人
Applicant(s):
大見 忠弘
キヤノン株式会社

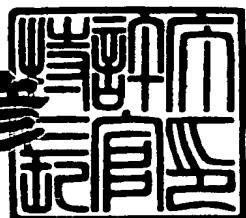


RECEIVED
DEC 23 1999
TELETYPE ROOM

1999年11月19日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-3080854

【書類名】 特許願
 【整理番号】 3835006
 【提出日】 平成10年10月29日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 H01S 3/036
 【発明の名称】 ガス供給路構造、ガス供給方法、レーザ発振装置、露光装置、及びデバイスの製造方法
 【請求項の数】 31
 【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-1 7-301
 【氏名】 大見 忠弘
 【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市若林区舟丁52パンション相原103号
 【氏名】 平山 昌樹
 【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区八木山本町2-3 6-1 サクセス2
 6 C 1 0 1
 【氏名】 伊野 和英
 【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市宮城野区小田原2-2-44-303
 【氏名】 篠原 壽邦
 【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区八木山本町2-2-1 1-305
 【氏名】 白井 泰雪
 【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
 社内
 【氏名】 田中 信義

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 大沢 大

【特許出願人】

【識別番号】 000205041

【氏名又は名称】 大見 忠弘

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090273

【弁理士】

【氏名又は名称】 國分 孝悦

【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035493

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814197

【包括委任状番号】 9705348

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ガス供給路構造、ガス供給方法、レーザ発振装置、露光装置、及びデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給路構造であって、

前記流路が前記所定部位で最も幅狭となる形状とされており、

前記圧縮性気体の流入口と出口との圧力比を両者の断面積比で与えられる臨界圧力比以下とし、前記所定速度を亜音速に制御することを特徴とするガス供給路構造。

【請求項2】 前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を調節することにより前記所定速度を亜音速に制御することを特徴とする請求項1に記載のガス供給路構造。

【請求項3】 前記所定部位は、前記圧縮性気体により生じる擾乱が少なくなる形状とされていることを特徴とする請求項1又は2に記載のガス供給路構造。

【請求項4】 前記流路内における前記圧縮性気体の加速効率及び／又は減速効率に対応して、臨界圧力比又は前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を補正することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のガス供給路構造。

【請求項5】 前記流路は、前記所定部位を中心とした対称形状とされていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のガス供給路構造。

【請求項6】 前記流路は、前記所定部位の上下幅を可変とする上下幅調整手段を有することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のガス供給路構造。

【請求項7】 圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給路構造であって、

前記圧縮性気体の流入口近傍と前記圧縮性気体の出口近傍との少なくとも片方を加熱又は冷却することにより、前記圧縮性気体の流入速度及び流出速度をそれぞれ調節し、前記所定速度を前記流入速度及び前記流出速度と異なる亜音速に

制御することを特徴とするガス供給路構造。

【請求項8】 圧縮性気体を流路に流入出させ、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給方法であって、

前記流路を前記所定部位で最も幅狭となる形状とともに、前記圧縮性気体の流入口と流出口との圧力比を両者の断面積比で与えられる臨界圧力比以下とし、前記所定速度を亜音速とすることを特徴とするガス供給方法。

【請求項9】 前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を調節することにより前記所定速度を亜音速に制御することを特徴とする請求項8に記載のガス供給方法。

【請求項10】 前記所定部位を、前記圧縮性気体により生じる擾乱が少なくなる形状とすることを特徴とする請求項8又は9に記載のガス供給方法。

【請求項11】 前記流路内における前記圧縮性気体の加速効率及び／又は減速効率に対応して、臨界圧力比又は前記流入口の圧力を補正することを特徴とする請求項8～10のいずれか1項に記載のガス供給方法。

【請求項12】 前記流路を、前記所定部位を中心とした対称形状としたことを特徴とする請求項8～11のいずれか1項に記載のガス供給方法。

【請求項13】 圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給方法であって、

前記圧縮性気体の流入口近傍と前記圧縮性気体の流出口近傍との少なくとも片方を加熱又は冷却することにより、前記圧縮性気体の流入速度及び流出速度をそれぞれ調節し、前記所定速度を前記流入速度及び前記流出速度と異なる亜音速に制御することを特徴とするガス供給方法。

【請求項14】 レーザチャンバ内で励起されたレーザガスから発する光を共振させてレーザ光を発生させるレーザ発振装置において、

前記レーザチャンバは、請求項1～7のいずれか1項に記載のガス供給路構造を含み、前記圧縮性気体をレーザガスとして前記所定部位から発する光を共振させることを特徴とするレーザ発振装置。

【請求項15】 前記レーザガスを、Kr, Ar, Neから選ばれた少なくとも1種の不活性ガスとF₂ガスとの混合ガスとするエキシマレーザ発振装置で

あることを特徴とする請求項14に記載のレーザ発振装置。

【請求項16】 前記ガス供給路構造の流入口及び流出口にそれぞれ接続されたガス供給手段を備え、

前記ガス供給路構造及び前記各ガス供給手段により前記レーザガスの循環系を構成することを特徴とする請求項14又は15に記載のレーザ発振装置。

【請求項17】 前記ガス供給路構造と前記各ガス供給手段とを接続する前記レーザガスの冷却手段を備えることを特徴とする請求項14～16のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項18】 前記冷却手段は、加熱された前記レーザガスを冷却するように機能することを特徴とする請求項17に記載のレーザ発振装置。

【請求項19】 前記ガス供給手段は、複数のポンプがマトリクス状に結合してなるものであることを特徴とする請求項14～18のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項20】 前記ポンプはベローズポンプであることを特徴とする請求項19に記載のレーザ発振装置。

【請求項21】 前記ガス供給手段はシロッコファンであることを特徴とする請求項14～18のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項22】 レーザガス供給系から発する光を共振させてレーザ光を発するレーザ発振装置において、

前記レーザガス供給系は、前記レーザガスを流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で最も幅狭となる形状を有する一対のガス供給路構造が直列に接続され、中央部位が発光部となるように構成されてなるガス供給路構造群を備えており、

前記ガス供給路構造群の前記発光部で前記レーザガスを超音速に制御し、当該発光部から発した光を共振させることを特徴とするレーザ発振装置。

【請求項23】 前記レーザガスを、Kr, Ar, Neから選ばれた少なくとも1種の不活性ガスとF₂ガスとの混合ガスとするエキシマレーザ発振装置であることを特徴とする請求項22に記載のレーザ発振装置。

【請求項24】 前記ガス供給路構造群の流入口及び流出口にそれぞれ接続

されたガス供給手段を備え、

前記ガス供給路構造及び前記各ガス供給手段により前記レーザガスの循環系を構成することを特徴とする請求項22又は23に記載のレーザ発振装置。

【請求項25】 前記ガス供給手段は、複数のポンプがマトリクス状に結合してなるものであることを特徴とする請求項22~24のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項26】 前記ポンプはベルローズポンプであることを特徴とする請求項25に記載のレーザ発振装置。

【請求項27】 前記ガス供給手段はシロッコファンであることを特徴とする請求項22~24のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項28】 前記ガス供給路構造群の前記流路は、前記所定部位の上下幅を可変とする上下幅調整手段を有することを特徴とする請求項22~27のいずれか1項に記載のレーザ発振装置。

【請求項29】 照明光を発する光源である請求項14~28のいずれか1項に記載のレーザ発振装置と、

所定パターンの形成されたレチクルに前記レーザ発振装置からの照明光を照射する第1光学系と、

前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、

前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影し露光を行うことを特徴とする露光装置。

【請求項30】 被照射面に感光材料を塗布する工程と、

請求項29に記載の露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行う工程と、

前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像する工程とを備えることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項31】 前記被照射面をウェハ面とし、当該ウェハ面に半導体素子を形成することを特徴とする請求項30に記載のデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、流路途中の所定部位から噴出させるガス供給路構造に関し、特に、このガス供給路構造をレーザガスの供給に用いたレーザ発振装置やこれを構成要素として有する露光装置に適用して好適である。

【0002】

【従来の技術】

近時では、紫外領域で発振する唯一の高出力レーザとして、いわゆるエキシマレーザが注目されており、電子産業や化学産業、エネルギー産業等において、具体的には金属、樹脂、ガラス、セラミックス、半導体等の加工や化学反応等に応用が期待されている。

【0003】

エキシマレーザ発振装置の機能原理について説明する。先ず、マニホールド内に充填されたAr, Kr, Ne, F₂等のレーザガスを電子ビーム照射や放電等により励起状態にする。このとき、励起されたF原子は基底状態の不活性Kr, Ar原子と結合して励起状態でのみ存在する分子であるKrF*, ArF*を生成する。この分子がエキシマと呼ばれるものである。エキシマは不安定であり、直ちに紫外光を放出して基底状態に落ちる。これをボンドフリー遷移あるいは自然発光というが、この励起分子を利用して一対の反射鏡で構成される光共振器内で位相の揃った光として增幅し、レーザ光として取り出すものがエキシマレーザ発振装置である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

エキシマレーザ発振装置は、各種近代産業に用いられる光源の主流となりつつある反面、発光に伴うレーザガスの枯渇によりその発光時間が極めて短いという問題がある。即ち、エキシマレーザの中でも特にKrFレーザやArFレーザ、F₂レーザにおいては、励起分子から発光がなされた状態から元の原料ガス分子の状態に戻るまで比較的長時間を要するため、長時間の発光を維持することが困難となる。

【0005】

そこで、レーザガスを補って発光時間を延長させるには、当該レーザガスを高速度で絶えず供給する必要がある。しかしながら、高速流を発生させればそれに伴って衝撃波が生じてレーザ発振装置として機能不能、具体的にはレーザガスの継ぎ手が緩んだり、セラミクスの破損や金属疲労等が発生するおそれがあり、例えば露光等を行なう場合、それ以上に衝撃波によって発生する振動は致命的な外乱となる。現在のところ、衝撃波を防止して高速流のレーザガスを実現する十分な技術は確立しておらず、今後の鋭意検討が待たれる現況にある。

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、簡易な構造で音速に近い程の高速流を形成しつつも、衝撃波の発生を抑止することを可能とするガス供給路構造（及びガス供給方法）を提供することを目的とし、更にはこのガス供給路構造を備え、発光時間の長いレーザ発振装置や、このレーザ発振装置を備えた高性能の露光装置、この露光装置を用いた高品質なデバイスの製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のガス供給路構造は、圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給路構造であって、前記流路が前記所定部位で最も幅狭となる形状とされており、前記圧縮性気体の流入口と流出口との圧力比を両者の断面積比で与えられる臨界圧力比以下とし、前記所定速度を亜音速に制御する。

【0008】

本発明のガス供給路構造の一態様は、前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を調節することにより前記所定速度を亜音速に制御する。

【0009】

本発明のガス供給路構造の一態様において、前記所定部位は、前記圧縮性気体により生じる擾乱が少なくなる形状とされている。

【0010】

本発明のガス供給路構造の一態様においては、前記流路内における前記圧縮性気体の加速効率及び／又は減速効率に対応して、臨界圧力比又は前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を補正する。

【0011】

本発明のガス供給路構造の一態様において、前記流路は、前記所定部位を中心とした対称形状とされている。

【0012】

本発明のガス供給路構造の一態様において、前記流路は、前記所定部位の上下幅を可変とする上下幅調整手段を有する。

【0013】

本発明のガス供給路構造は、圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給路構造であって、前記圧縮性気体の流入口近傍と前記圧縮性気体の流出口近傍との少なくとも片方を加熱又は冷却することにより、前記圧縮性気体の流入速度及び流出速度をそれぞれ調節し、前記所定速度を前記流入速度及び前記流出速度と異なる亜音速に制御する。

【0014】

本発明のガス供給方法は、圧縮性気体を流路に流入出させ、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御する方法であって、前記流路を前記所定部位で最も幅狭となる形状とともに、前記圧縮性気体の流入口と流出口との圧力比を両者の断面積比で与えられる臨界圧力比以下とし、前記所定速度を亜音速とする。

【0015】

本発明のガス供給方法の一態様は、前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を調節することにより前記所定速度を亜音速に制御する。

【0016】

本発明のガス供給方法の一態様において、前記所定部位を、前記圧縮性気体により生じる擾乱が少なくなる形状とする。

【0017】

本発明のガス供給方法の一態様は、前記流路内における前記圧縮性気体の加速効率及び／又は減速効率に対応して、臨界圧力比又は前記流入口及び／又は前記流出口の圧力を補正する。

【0018】

本発明のガス供給方法の一態様において、前記流路を、前記所定部位を中心とした対称形状とする。

【0019】

本発明のガス供給方法は、圧縮性気体を流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で前記圧縮性気体を所定速度に制御するガス供給路構造であって、前記圧縮性気体の流入口近傍と前記圧縮性気体の流出口近傍との少なくとも片方を加熱又は冷却することにより、前記圧縮性気体の流入速度及び流出速度をそれぞれ調節し、前記所定速度を前記流入速度及び前記流出速度と異なる亜音速に制御する。

【0020】

本発明のレーザ発振装置は、レーザチャンバ内で励起されたレーザガスから発する光を共振させてレーザ光を発生させるものであって、前記レーザチャンバは、前記ガス供給路構造を含み、前記圧縮性気体をレーザガスとして前記所定部位から発する光を共振させる。

【0021】

本発明のレーザ発振装置は、前記レーザガスを、Kr, Ar, Neから選ばれた少なくとも1種の不活性ガスとF₂ガスとの混合ガスとするエキシマレーザ発振装置である。

【0022】

本発明のレーザ発振装置の一態様は、前記ガス供給路構造の流入口及び流出口にそれぞれ接続されたガス供給手段を備え、前記ガス供給路構造及び前記各ガス供給手段により前記レーザガスの循環系を構成する。

【0023】

本発明のレーザ発振装置の一態様は、前記ガス供給路構造と前記各ガス供給手段とを接続する前記レーザガスの冷却手段を備える。

【0024】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記冷却手段は、加熱された前記レーザガスを冷却するように機能する。

【0025】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ガス供給手段は、複数のポンプがマトリクス状に結合してなるものである。

【0026】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ポンプはベローズポンプである。

【0027】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ガス供給手段はシロッコファンである。

【0028】

本発明のレーザ発振装置は、レーザガス供給系から発する光を共振させてレーザ光を発するものであって、前記レーザガス供給系は、前記レーザガスを流入出させる流路を形成し、前記流路途中の所定部位で最も幅狭となる形状を有する一対のガス供給路構造が直列に接続され、中央部位が発光部となるように構成されてなるガス供給路構造群を備えており、前記ガス供給路構造群の前記発光部で前記レーザガスを超音速に制御し、当該発光部から発した光を共振させる。

【0029】

本発明のレーザ発振装置の一態様は、前記レーザガスを、Kr, Ar, Neから選ばれた少なくとも1種の不活性ガスとF₂ガスとの混合ガスとするエキシマレーザ発振装置である。

【0030】

本発明のレーザ発振装置の一態様は、前記ガス供給路構造群の流入口及び流出口にそれぞれ接続されたガス供給手段を備え、前記ガス供給路構造及び前記各ガス供給手段により前記レーザガスの循環系を構成する。

【0031】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ガス供給手段は、複数のポン

プがマトリクス状に結合してなるものである。

【0032】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ポンプはベローズポンプである。

【0033】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ガス供給手段はシロッコファンである。

【0034】

本発明のレーザ発振装置の一態様において、前記ガス供給路構造群の前記流路は、前記所定部位の上下幅を可変とする上下幅調整手段を有する。

【0035】

本発明の露光装置は、照明光を発する光源である前記レーザ発振装置と、所定パターンの形成されたレチクルに前記レーザ発振装置からの照明光を照射する第1光学系と、前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、前記被照射面上に前記レチクルの所定パターンを投影し露光を行う。

【0036】

本発明のデバイスの製造方法は、被照射面に感光材料を塗布する工程と、前記露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行う工程と、前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像する工程とを備える。

【0037】

本発明のデバイスの製造方法の一態様においては、前記被照射面をウェハ面とし、当該ウェハ面に半導体素子を形成する。

【0038】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用したいくつかの具体的な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0039】

(第1の実施形態)

先ず、第1の実施形態について説明する。この実施形態では、いわゆるエキシマレーザ光を発するエキシマレーザ発振装置を例示する。

図1～図3は、それぞれ本実施形態のエキシマレーザ発振装置の主要構成を示す模式図である。

【0040】

このエキシマレーザ発振装置は、図1～図3に示すように、エキシマレーザガスが供給され、当該レーザガスを放電により励起させ共振させることによりレーザ光を発するレーザチャンバ1と、レーザチャンバ1にレーザガスを供給するためのガス供給手段2と、加熱させたレーザガスを冷却するための冷却器3とを備えて構成されている。本例では、後述するようにレーザガスの流動方向が交互に変化することを考慮して、レーザチャンバ1をガスの流入口と流出口とで対称形状に構成する。

【0041】

また、レーザガスの冷却は、図1の送通部28に冷却水を供給することで行い、ガス供給手段2にも放熱フィン29を設けて行なう。レーザガスの温度上昇が比較的少ない場合には、冷却器3を別途設ける必要はない。

【0042】

エキシマレーザ光を発生させる際の原料となるエキシマレーザガスは、Kr, Ar, Neから選ばれた1種以上の不活性ガスとF₂ガスとの混合气体である。これらのうち、使用したい波長により適宜ガス種を選択し組み合わせればよい。例えば、248nmの波長のレーザ光を発生させたい場合には、Kr/Ne/F₂とし、193nmの波長の場合にはAr/Ne/F₂、157の波長の場合にはNe/F₂とすればよい。

【0043】

レーザチャンバ1は、図2(b)に示すように、左右対称形状のいわゆるラバルノズル型のものでありレーザ管として機能するガス供給路構造11と、このガス供給路構造11内のレーザガスを励起してプラズマ状態とするための導波管12とを備えて構成されている。

【0044】

ガス供給路構造11は、一対の流入出口11aからレーザガスを流入出させる流路を形成し、中央部で最も幅狭となる形状とされており、この中央部でレーザガスを後述するように所定の亜音速となるように制御するノズルである。ここで、レーザガスの流速が亜音速となる前記中央部が発光部21となる。そして、図3に示すように、この発光部21の図中上下部位に一対の反射構造体22、23が設けられ、これら反射構造体22、23により発光部21から発する光の位相が揃えられてレーザ光が発生する。なお本実施形態では、ガス供給路構造11内におけるレーザガスの流れは左右双方向とされるため、ガス供給路構造11は左右対称形状とされており、ガス流の方向に応じて流入出口11aの一方が流入口に、他方が流出口となる。

【0045】

なお、このガス供給路構造11の発光部21におけるレーザガスの通路の高さ（上下幅）は、図1～図3の例では所定値に固定されているが、例えば図4に示すような当該発光部21の高さを可変とする上下幅調整手段21aを設けてもよい。この上下幅調整手段21aは、上下方向に可変とされた一対の部材であり、各々の先端部を対向させることにより発光部21の高さを所定値に規定するものである。この上下幅調整手段21aの代わりに、着脱可能なスペーサを発光部21に設けて高さ規制を行なうようにしてもよい。また、ノズル部分を取り替えることで、異なるガス供給路構造を実現してもよい。

【0046】

導波管12は、マイクロ波をガス供給路構造11内のレーザガスへ供給するための手段であり、下面部に細長いスロットが複数形成されている。導波管12の上部より数GHz～数十GHzの周波数のマイクロ波が導入されると、このマイクロ波が導波管12内を伝播しながら、前記スロットから導波管12の外部へ放出される。放出されたマイクロ波は、ガス供給路構造11に設けられた窓部24から当該ガス供給路構造11内へ導入される。そして、導入されたマイクロ波により供給路構造11内のレーザガスが励起され、共振してエキシマレーザ光が発生する。また、後述の低コンダクタンス部27には高周波予備電極30が設けられている。

【0047】

ここで、ガス供給路構造11の具体的な機能について説明する。便宜上、レーザガスを圧縮性気体であり且つ完全気体とし、定常1次元の等エントロピー流れであることを前提として解析する。

【0048】

ガス供給路構造11の構造は、レーザガスの流速を加速するための先細り形状と減速するための先太り形状とを組み合わせたいわゆるラバルノズル型のものである。この構造においては、発光部21におけるガスの流速が音速より大きい速度に達すると、流出口ではほぼ必ず衝撃波が発生する。本実施形態では、発光部21のガス流速が亜音速となるように、ガス供給路構造11におけるガスの流入口と流出口における圧力比を両者の断面積比で与えられる臨界圧力比以下とする。

【0049】

【数1】

$$\frac{A_{out}}{A_{throat}} = \sqrt{\left(\frac{\gamma-1}{2}\right)\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} / \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}\right]}$$

【0050】

A_{throat} ：発光部（スロート）の断面積

A_{out} ：流出口の断面積

P_{in} ：流入口の圧力

P_{out} ：流出口の圧力

【0051】

図5は、（流出口断面積／発光部断面積）と（流出口圧力／流出口圧力）との関係を示す特性図である。ここで、エキシマレーザガスはその成分が殆ど単原子ガスであるため、比熱比 γ を5/3とする。この図5によれば、例えば流出口における高さ（流出口の上下幅）を発光部21の高さ（最狭となる部位の上下幅）の2倍（即ち、両者の空間断面積比が2）とすると、流出口圧力を流出口圧力の

約0.93倍以上とすればガス流速は音速を超えることはなく衝撃波は生じない。ちなみに臨界状態での発光部21のガス流速は音速である。

【0052】

ガスの音速はガス温度の関数であり、KrF*エキシマレーザガスの場合、例えばNe:Kr:F₂ = 94.9:5:0.1であると仮定すると、平均分子量M (Ne:20.18/Kr:83.8/F₂:38) が23.4の理想気体と見做せば、音速aは、

【0053】

【数2】

$$a = \sqrt{\gamma RT/M}$$

【0054】

で表されることから、各温度に対応する音速は、以下の表1のようになる。

【0055】

【表1】

| ガス温度 | | 音速 |
|------|--------|-------|
| °C | K | m/sec |
| -100 | 173.15 | 320.4 |
| 0 | 273.15 | 402.4 |
| 25 | 298.15 | 420.4 |
| 100 | 373.15 | 470.3 |
| 200 | 473.15 | 529.6 |
| 300 | 573.15 | 582.9 |

【0056】

ここで、Rは気体定数、Tは絶対温度(K)であり、比熱比γは单分子のもの

と同じと仮定している。従って、この関係により、より高速のガス置換を行なう場合、流入ガス温度を積極的に下げるることは望ましくないことが分かる。逆に言えば、亜音速以下の高速置換のためには、むしろレーザガスを加熱しておいた方が望ましい場合もあり得る。また同様の理由から、レーザガスの冷却を行なうのであれば、ガスの流出口側で行なうべきことが示唆される。

【0057】

ガス供給路構造11の各部位（流入口、発光部、流出口）における速度、マッハ数、ガス圧力、ガス密度、ガス温度、及び音速との各条件の関係を図6に示す。

【0058】

この図6においては、Aブロックが流入口における速度（亜音速又は音速）に対する発光部21の前記各条件の変化を示し、Bブロックが発光部21における速度（亜音速又は音速）に対する流出口の前記各条件の変化を示している。従って、流入口の速度が亜音速ならば、発光部21へ向かうにつれてガス流速が増加して発光部21で最大速度となる。そして、この最大速度が亜音速以下ならば、流出口へ向かうにつれてガス流速が減少することになる。このように、ラバルノズル型のガス供給路構造11をレーザチャンバとして用い、各部位における温度や圧力を調節することにより、衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部21の流速を流入口及び流出口でのガス流速に比して大きな亜音速に制御することが可能となる。

【0059】

なお、ガス供給路構造11に形状について、急拡大や急縮小等の変曲点が存在すると、発光部21以外の部位において音速域が形成されるおそれがあるため、急拡大部を避けて比較的緩やかに拡大（又は縮小）する形状とすることが望ましい。

【0060】

以下、発光部21の流速を上記の如き亜音速とするための具体的な条件設定等について説明する。

発光部21におけるガス流量は、以下に示すように、流入口の圧力に依存する

。ここで、 f は発光部21のガス流量、 P_{throat} はその圧力である。この場合、(流入口圧力／発光部圧力)と(発光部の流速)との関係は図7に示すようになる。

【0061】

【数3】

$$f = \frac{P_{in}}{\sqrt{RT_{in}}} \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[\left(\frac{P_{throat}}{P_{in}} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_{throat}}{P_{in}} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right]} \left/ \left(\frac{P_{throat}}{P_{in}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right.$$

【0062】

f : 発光部(スロート)のガス流量

P_{throat} : 発光部(スロート)の圧力

【0063】

図7によれば、流入口圧力を1.67(atm)、発光部圧力を1(atm)に設定することにより、発光部21の流速を300(m/s)とすることができる。また、図5を用いた上記の考察により、流入口と発光部21との空間断面積比を2とすると、流出口圧力は1.56(atm)であればよい。相対的に流出口では圧力は低く温度は高いため、流入口側の圧力調整の変位量より流出口側の変位量の方が大きいことが予想されることから、レーザガスの充填圧を流出口圧力とし、流入口圧力を昇圧、次いで流出口圧力を一定に保持することが好適である。

【0064】

但し、実際の系では臨界条件を用いないため、数1において、 $A_{throat} \rightarrow A^*$ 、 $P_{out} \rightarrow P$ 、 $A_{out} \rightarrow A$ (A^* :仮想臨界点の断面積、 P 、 A :任意位置の圧力及び断面積)と置き換えを行なって算出している。

【0065】

更に、 T_{in} を流入口におけるガス温度、 T を任意部位におけるガス温度、 P を任意部位におけるガス圧力とすると、以下の式が成り立つ。またこの場合、(任

意部位圧力／発光部圧力）と（任意部位温度／発光部温度）との関係は図8に示すようになる。

【0066】

【数4】

$$T = T_{in} \left(\frac{P}{P_{in}} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}$$

【0067】

T_{in} ：流入口のガス温度

T ：任意点のガス温度

P ：任意点の圧力

【0068】

このとき、例えば流入口のガス温度を25℃とし、断熱状態を仮定すると、発光部温度は-30.3℃、流出口のガス温度は16.9℃となる。

なお、レーザガスの流動により生じる摩擦や、発光部21が加熱されるなどして上記各条件に不測の変動が生じる場合がある。従って、当該摩擦が少なくなる形状、具体的にはガス供給路構造11の表面を例えば平坦性の高い表面としたり、機械研磨や電界複合研磨等により物理的な表面粗さを小さくして当該表面を変曲点のない構造（滑らかな表面構造）とすることが望ましい。このとき、ガス供給路構造11の流路内（主に発光部21）に発生する温度上昇に対応して、臨界圧力比又は前記流入口の圧力を補正するため、例えば発光部21の温度をモニタ（間接的に発光部21におけるガス流速をモニタ）し、流入口圧力や流出口圧力を微調整する補正手段を設けることが好適である。具体的な当該補正手段の機能としては、例えば発光部21におけるガス流速が低い場合には流出口圧力を上昇させる等が考えられる。

【0069】

以上説明したような各条件の関係を図9に総括的に示す。このように、例えば発光部圧力を1(atm)に、発光部ガス流速を300(m/s)に設定したい

場合には、流入口圧力を1. 67 (atm) とすればよく、更に(発光部断面積／流入口断面積)を1／2に設計した場合には、発光部21における前記摩擦を無視できる程度に低減させれば、流出口圧力を1. 56 (atm) とすればよい。このような具体的条件を探ることにより、衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部21の流速を流入口及び流出口のガス流速に比して大きな亜音速、ここでは上記の300 (m/s) に制御することができる。

【0070】

各ガス供給手段2は、ガス供給路構造11の流入口及び流出口にそれぞれ接続され、冷却器3と一体となって循環系を形成しており、上述したようにエキシマレーザガスの流速や圧力を流入口や流出口でそれぞれ制御するものであり、ここではマトリクス状に結合した複数のベローズポンプ25で構成されている。

【0071】

各ベローズポンプ25は、図2(a)に示すように、伸縮自在とされた長寿命のベローズ部25aと、このベローズ部25aの伸縮を調節する高速精密動作を行なうサーボモータ25bとを備えて構成されている。ここで、発光部21の断面積を例えば $250\text{mm} \times 2\text{mm}$ ($= 5 \times 10^{-4}\text{m}^2$) とすると、必要とされる発光部21のガス流量は $0.11\text{m}^3/\text{s}$ ($= 6.61\text{m}^3/\text{min}$) である。ベローズポンプ25の動作時間を 0.2s (露光時間を 0.1s と仮定) とすると、ベローズポンプ25が一回当たり押し出すガス体積は、流入口、流出口でそれぞれ $2.21 \times 10^{-2}\text{m}^3$ 、 $2.30 \times 10^{-2}\text{m}^3$ である。内径 50mm の長寿命のベローズポンプ25の標準ブロック伸縮体積(最長時体積から最短時体積を除いた体積)は、 $0.115 \times 10^{-3}\text{m}^3$ であることから、200ブロック程度のベローズポンプ25が必要となる。ここでは、初期動作や導入路等の体積分も考慮して、片翼210ブロックのベローズポンプ25を用意する。このベローズポンプ25は、垂直方向に5ブロックまでの直列接続が可能なため、図1及び図3に示すように、対称動作する5ブロックのベローズポンプ25のセルが上下に21個マトリクス状に配列され、各ガス供給手段2が構成される。

【0072】

ベローズ部25aは、長さが最短時となる形状に合わせた放熱構造に形成され

ている。この構造としては、接ガス面積を減らす意味では円柱状とし、ベローズ部25aの外表面には放熱面積を高めるためのフィン構造29を設けることが望ましく、レーザガスの温度上昇が無視できない場合にはベローズ部25aの内表面についてもフィン構造とすることで対応可能である。

【0073】

また、ベローズポンプ25は上記の如き直列配置されるため、座屈を防止することを考慮してベローズポンプ25の外部の大気圧をベローズポンプ25内の圧力より高く設定することが好ましい。

【0074】

ベローズポンプ25の作業効率を向上させるには、当該ベローズポンプ25から発光部21に至る供給系の体積を最小限に抑えることが必要である。そこで、図3に示すように、各ベローズポンプ25と発光部21との間を結合する例えば $\phi 4\text{ mm}$ 程度の中空流路26を設ける。更に、発光部21の直近に均一なガス流を形成するための低コンダクタンス部及び高周波予備電離部を設ける。これら低コンダクタンス部及び高周波予備電離部は空間的に兼用とすることが可能であり、図示の例では両者を一体として低コンダクタンス部27として示す。ここでは、低コンダクタンス部27を例えば長さ50mm～100mm、高さ4mmとし、発光部21を長さ4mm程度、高さ2mmとする。

【0075】

冷却器3は、各ガス供給手段2と接続され、レーザガスを冷却する機能を有する。この冷却器3と各ガス供給手段2、ガス供給路構造11とでガス循環系を構成しており、ガス供給手段2のベローズポンプ25の駆動によりレーザガスの流动方向が交互に変化する。ここで、冷却器3によるレーザガスの冷却方法としては、ガス供給路構造11を通過することにより加熱されたレーザガスを冷却するという方式が好ましい。レーザガスをガス供給路構造11へ供給する前に予備的に冷却するとガスの音速が低下して所期の亜音速の上限が低下し、またレーザガスの加速中に冷却するとガス流速が低下するためである。

【0076】

図2(a)において、冷却器3はガス供給路構造11及びガス供給手段2と個

別に設置しているが、前述したように、場合によっては図1の送通部28の中空流路26にて冷却を行なうことも可能である。更に、ベローズ部25aの放熱フィン29やベローズ部25a自体が冷却器としての機能を有していることは言うまでもない。

【0077】

逆に、レーザガスの予備的な加熱は音速を上昇させるには有効であるが、特に発光部21の加熱（マイクロ波に起因する加熱も含む）は、ガス流速の高速化には寄与するものの、チョーク現象（加熱による見かけ上の断面積の減少）が発生し、設計したガス流量を満たすことが困難となるため、避けたほうがよい。この加熱に起因する問題が顕著である場合には、実質的な断面積比が変化することから、ベローズポンプ25の動作圧力を変更しなければならない。

【0078】

また、発光部21におけるマイクロ波による入射エネルギーが1kW程度と仮定すると、発光部21におけるガス温度の上昇は10°C程度であると見積もれる。その場合には、マイクロ波励起の発熱よりむしろシール部に使用される誘電体の誘電損による発熱等が問題となる可能性がある。しかしながら、誘電体に入射するマイクロ波のパワーを見積ることは困難であり、現状では正確な解析は不可能である。場合によっては、誘電損の問題より熱伝導性や熱応力耐性等を優先する必要性がある。

【0079】

このように、第1の実施形態のエキシマレーザ発振装置によれば、レーザチャンバ1にラバルノズル型のガス供給路構造11を用い、流出入口におけるガス圧力やガス流速を調節することにより、音速に近づくほどに懸念される衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部21におけるエキシマレーザガスの流速を所期の亜音速に制御することが可能となる。従って、枯渇しがちなエキシマレーザガスを衝撃波の発生を懸念することなく迅速に補給することができ、長時間の安定な発光を維持するエキシマレーザ発振装置が実現される。

【0080】

また、このような全体的に簡便な構造により、レーザガスへの不純物となる脱

ガスを抑制するための表面処理や、 F_2 ガスの消費を抑制する完全な抑制下で形成されるフッ素不動態処理を全ての面に施すことが可能であり、レーザガスの長寿命化に対しても極めて有効である。

【0081】

ここで、第1の実施形態によるエキシマレーザ発振装置のいくつかの変形例について説明する。なお、第1の実施形態で説明した各部材等については同符号を記して説明を省略する。

【0082】

—変形例1—

この変形例1のエキシマレーザ発振装置は、第1の実施形態のそれとほぼ同様の構成を有するが、ガス供給路構造に相当する部位の形状が異なる点で相違する。図10は、変形例1のエキシマレーザ発振装置のガス供給路構造のみを示す側断面図である。

【0083】

ガス供給路構造群31は、一対のガス供給路構造11が直列に接続されてなるものであり（個々のガス供給路構造11の大きさは第1の実施形態のガス供給路構造11と異なる場合がある。）、前段のガス供給路構造11が超音速加速部31a、後段のガス供給路構造11が超音速減速部31bとされ、中央部位が発光部32となる。このガス供給路構造群31においては、エキシマレーザガスの流出入口におけるガス流速やガス圧力等を調整、例えば図5の P_{out} を図10(a)の P_{mid} に置き換えて、臨界圧力比以上の圧力差をつけることにより、発光部32でガス流速を超音速に制御することができる。

【0084】

ここで、最狭幅の一対の前記所定部位（断面積がそれぞれ A_{acc} 及び A_{def} ）において、始動時には、 $A_{acc} < A_{def}$ を満たす必要があることから、ガス供給路構造群31のガス流動方向を双方向とする場合には必ず A_{acc} 及び A_{def} を可変としなければならない。そこで、このガス供給路構造11の一対の所定部位におけるレーザガスの通路の高さ（上下幅）を可変とするため、例えば図10(b)に示すような上下幅調整手段33を当該一対の所定部位にそれぞれ設ける。こ

これら上下幅調整手段33は、例えば断面三角形状の一対の部材からなり、支点Pを軸として回動させることにより上下幅を変更させる。

【0085】

このように、変形例1のエキシマレーザ発振装置によれば、レーザチャンバ1に一対のラバルノズル型のガス供給路構造群31を用い、流出入口におけるガス圧力やガス流速を調節することにより、音速を超えると殆どの条件で発生する衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部32におけるエキシマレーザガスの流速を所期の超音速に制御することが可能となる。従って、枯渇しがちなエキシマレーザガスを衝撃波の発生を懸念することなく迅速に補給することができ、長時間の安定な発光を維持するエキシマレーザ発振装置が実現される。

【0086】

-変形例2-

この変形例2のエキシマレーザ発振装置は、第1の実施形態のそれとほぼ同様の構成を有するが、ガス供給路構造に相当する部位の形状が異なる点で相違する。図11は、変形例2のエキシマレーザ発振装置のガス供給路構造のみを示す断面図である。

【0087】

変形例2では、ガス供給路構造として従来用いられている同一高さのガス供給路構造41を用いる。そして、ガス供給路構造41のガスの流入口には加熱・冷却手段42が、流出口には加熱・冷却手段43が設けられている。ガス供給路構造41内のガス流による摩擦の発生を無視すると、ガスの流入口を加熱すると共に流出口を冷却することにより、ガス供給路構造41の各部位（流入口、発光部、流出口）における速度、マッハ数、ガス圧力、ガス密度、ガス温度、及び音速との各条件の関係は図12のようになる。

【0088】

この図12においては、第1の実施形態で説明した図6と同様に、Aブロックが流入口における速度（亜音速又は音速）に対する発光部（ここでは、中央部位近傍に存するものとする。）の前記各条件の変化を示し、Bブロックが発光部における速度（亜音速又は音速）に対する流出口の前記各条件の変化を示している

。従って、例えば流入口の速度が亜音速であり、加熱・冷却手段42にて加熱した場合、発光部へ向かうにつれてガス流速が増加して発光部で最大速度となる。そして、この最大速度が亜音速であって冷却した場合、流出口へ向かうにつれてガス流速が減少することになる。このようなガス供給路構造41をレーザチャンバ1に用い、各部位における温度や圧力を調節することにより、衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部の流速を流入口及び流出口に比して大きな亜音速に制御することが可能となる。

【0089】

しかしながら、変形例2のエキシマレーザ発振装置では、ガス供給路構造41の制御に大量の熱エネルギーが必要であり、例えば変形例1のガス供給路構造群31と組み合わせて用いる方がより現実的である。

【0090】

このように、変形例2のエキシマレーザ発振装置によれば、レーザチャンバ1に同一高さのガス供給路構造41を用い、流出入口におけるガス圧力やガス流速を調節することにより、音速に近づくほどに懸念される衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部におけるエキシマレーザガスの流速を所期の亜音速に制御することが可能となる。従って、枯渇しがちなエキシマレーザガスを衝撃波の発生を懸念することなく迅速に補給することができ、長時間の安定な発光を維持するエキシマレーザ発振装置が実現される。

【0091】

－変形例3－

この変形例3のエキシマレーザ発振装置は、第1の実施形態のそれとほぼ同様の構成を有するが、ガス供給手段2に相当する部位の形状が異なる点で相違する。図13は、変形例3のエキシマレーザ発振装置の概略構成を示す側断面図である。

【0092】

変形例3では、第1の実施形態と同様にレーザチャンバ1にラバルノズル型のガス供給路構造11を有しているが、各ガス供給手段51がシロッコファンから構成されている。従って、エキシマレーザガスの流動方向は一方向に規制される

ため、必ずしもガス供給路構造11のような左右対称形状とする必要はなく、流出入口におけるガス流速やガス圧力等の制御を考慮して、例えば図14のように、流入口の加速ノズル形状及び流出口の減速ノズル形状の各々に最適化された形状のガス供給路構造52を用いた方がよい。

【0093】

このように、変形例3のエキシマレーザ発振装置によれば、レーザチャンバ1にラバルノズル型のガス供給路構造11を用い、流出入口におけるガス圧力やガス流速を調節することにより、音速に近づくほどに懸念される衝撃波の発生を抑止しつつ、発光部におけるエキシマレーザガスの流速を所期の亜音速に制御することが可能となる。従って、枯渇しがちなエキシマレーザガスを衝撃波の発生を懸念することなく迅速に補給することができ、長時間の安定な発光を維持するエキシマレーザ発振装置が実現される。

【0094】

しかも、ガス供給路構造を必ずしも左右対称形状とする要請がないため、その形状に対する規制が緩和され、様々な条件に応じた形状のガス供給路構造を用いることができる。

【0095】

なお、本実施形態及びその諸変形例では、ガス供給路構造を所期の条件で用いたエキシマレーザ発振装置について例示したが、本発明はこれに限定されるものではない。当該ガス供給路構造は衝撃波の発生を懸念することなく音速に近い亜音速のガス流を容易且つ安全に形成できるという顕著な効果を奏し、この効果に対する要請が最も強いものの一つとして本例ではエキシマレーザ発振装置を例示したのであって、他の各種装置やシステムに適用可能であることは言うまでもない。例えば、本実施形態で言及したように、ガス供給路構造11を用いれば、流出入口におけるガス温度を常温程度として所定の圧力等の条件に従えば、発光部では急激に低いガス温度を実現することができることを利用して、各種の冷却装置にも適用可能である。

【0096】

また、衝撃波の発生が抑止されるため、特にクリーンルームなど低振動が要求

される施設において用いられるあらゆる高速ガス冷却や置換を行なう機器に適用して好適である。

【0097】

(第2の実施形態)

以下、第2の実施形態について説明する。この第2の実施形態では、第1の実施形態（及びその諸変形例）で述べたエキシマレーザ発振装置をレーザ光源として有する露光装置（ステッパー）を例示する。図15は、このステッパーの主要構成を示す模式図である。

【0098】

このステッパーは、所望のパターンが描かれたレチクル101に照明光を照射するための光学系111と、レチクル101を通過した照明光が入射して当該レチクル101のパターンをウェハ102の表面に縮小投影するための投影光学系112と、ウェハ102が載置固定されるウェハチャック113と、ウェハチャック113が固定されるウェハステージ114とを有して構成されている。

【0099】

光学系111は、照明光としての高輝度のエキシマレーザー光を発する光源である第1の実施形態のエキシマレーザ発振装置121と、光源121からの照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段122と、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを2次元的に配置されてなるオプティカルインテグレータ123と、不図示の切替手段により任意の絞りに切替可能とされ、オプティカルインテグレータ123により形成された2次光源の位置近傍に配置された絞り部材124と、絞り部材124を通過した照明光を集光するコンデンサーレンズ125と、例えば4枚の可変ブレードにより構成され、レチクル101の共役面に配置されてレチクル101の表面での照明範囲を任意に決定するブラインド127と、ブラインド127で所定形状に決定された照明光をレチクル101の表面に投影するための結像レンズ128と、結像レンズ128からの照明光をレチクル101の方向へ反射させる折り曲げミラー129とを有して構成されている。

【0100】

以上のように構成されたステッパーを用い、レチクル101のパターンをウェハ102の表面に縮小投影する動作について説明する。

【0101】

先ず、光源121から発した照明光は、ビーム形状変換手段122で所定形状に変換された後、オプティカルインテグレータ123に指向される。このとき、その射出面近傍に複数の2次光源が形成される。この2次光源からの照明光が、絞り部材124を介してコンデンサーレンズ125で集光され、ブラインド127で所定形状に決定された後に結像レンズ128を介して折り曲げミラー129で反射してレチクル101に入射する。続いて、レチクル101のパターンを通過して投影光学系122に入射する。そして、投影光学系122を通過して前記パターンが所定寸法に縮小されてウェハ102の表面に投影され、露光が施される。

【0102】

本実施形態のステッパーによれば、レーザ光源として第1の実施形態のエキシマレーザ発振装置を用いるので、高出力のエキシマレーザ光の比較的長時間の発光が可能となり、ウェハ102に対する露光を迅速且つ正確に行なうことができる。

【0103】

次に、図15を用いて説明した投影露光装置を利用した半導体装置（半導体デバイス）の製造方法の一例を説明する。

【0104】

図16は、半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等）の製造工程のフローを示す。先ず、ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウェハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は前工程と称され、上記の如く用意したマスクとウェハを用いて、フォトリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と称され、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体

チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0105】

図17は上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウェハ表面に気相反応を用いて導電膜や絶縁膜を形成する。ステップ13（PVD）ではウェハ上に導電膜や絶縁膜をスパッタリングや蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した投影露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが終了して不要となったレジストを除去する。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0106】

この製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易且つ確実に高い歩止まりをもって製造することが可能となる。

【0107】

【発明の効果】

本発明によれば、簡易な構造で音速に近い程の高速流を形成しつつも、衝撃波の発生を抑止することを可能とするガス供給路構造（及びガス供給方法）を提供することが可能となり、特にこのガス供給路構造をエキシマレーザ発振装置に適用することにより、枯渇しがちなエキシマレーザガスを衝撃波の発生を懸念することなく迅速に補給することができ、長時間の安定な発光を維持することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態によるエキシマレーザ発振装置の主要構成を示す模式図である

【図2】

図1を更に模式的に示した模式図である。

【図3】

第1の実施形態によるエキシマレーザ発振装置の主要構成を示す模式図である

【図4】

ガス供給路構造の発光部に設けられる上下幅調整手段を示す模式図である。

【図5】

ガス供給路構造において、（流出口断面積／発光部断面積）と（流出口圧力／流出口圧力）との関係を示す特性図である。

【図6】

ガス供給路構造の各部位（流入口、発光部、流出口）における速度、マッハ数、ガス圧力、ガス密度、ガス温度、及び音速との各条件の関係を示す図である。

【図7】

ガス供給路構造において、（流入口圧力／発光部圧力）と（発光部の流速）との関係を示す特性図である。

【図8】

ガス供給路構造において、（任意部位圧力）／（発光部圧力）と（任意部位温度）／（発光部温度）との関係を示す特性図である。

【図9】

ガス供給路構造の制御において、各条件の関係を総括的に示すブロック図である。

【図10】

第1の実施形態に係る変形例1のエキシマレーザ発振装置のガス供給路構造のみを示す断面図である。

【図11】

第1の実施形態に係る変形例2のエキシマレーザ発振装置のガス供給路構造のみを示す断面図である。

【図12】

ガス供給路構造の各部位（流入口、発光部、流出口）における速度、マッハ数、ガス圧力、ガス密度、ガス温度、及び音速との各条件の関係を示す図である。

【図13】

第1の実施形態に係る変形例3のエキシマレーザ発振装置の概略構成を示す側断面図である。

【図14】

第1の実施形態に係る変形例3におけるガス供給路構造の他の例を示す側断面図である。

【図15】

第2の実施形態のステッパーを示す模式図である。

【図16】

第2の実施形態のステッパーを用いた半導体デバイスの製造工程のフロー図である。

【図17】

図16におけるウェハプロセスを詳細に示すフロー図である。

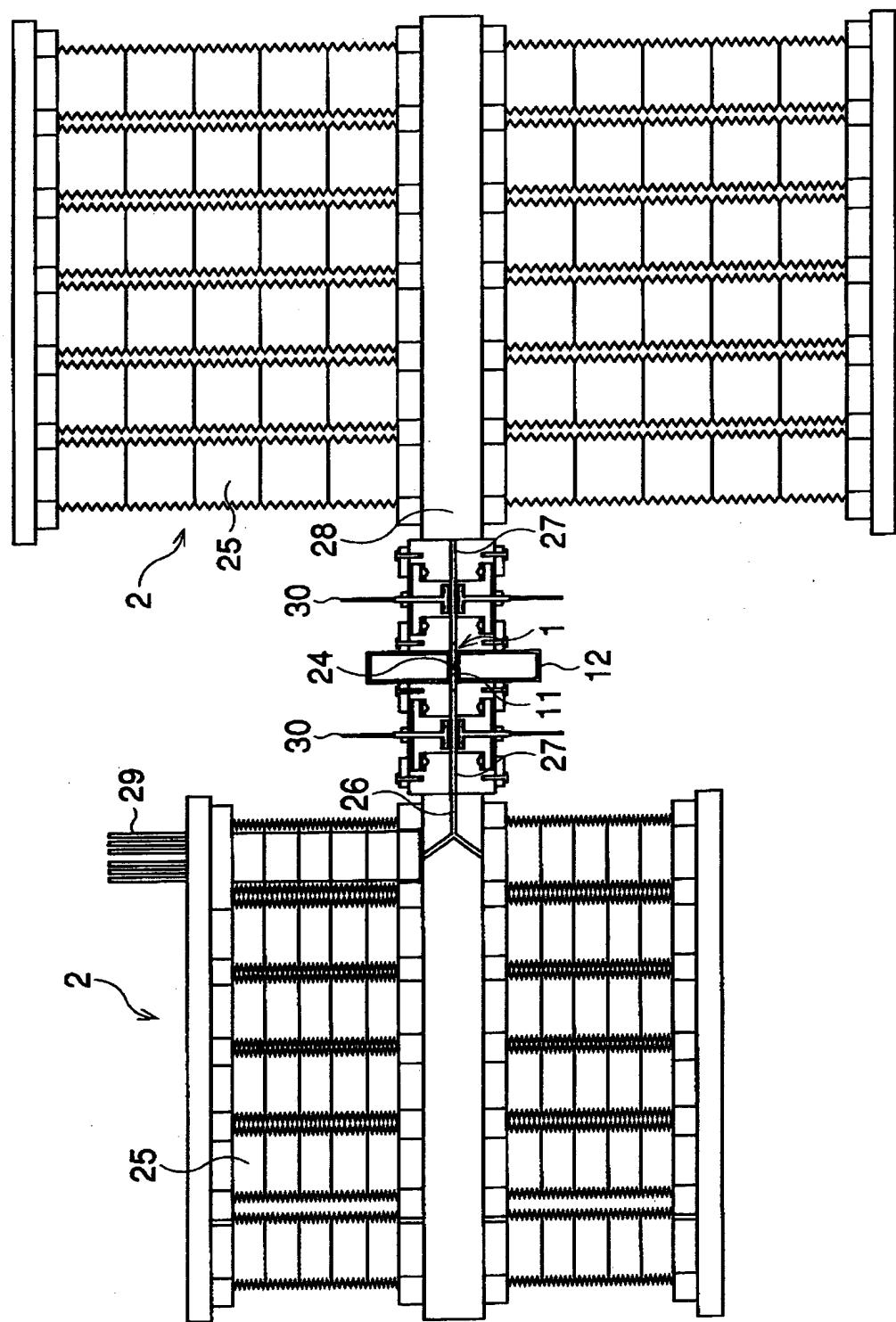
【符号の説明】

- 1 レーザチャンバ
- 2, 51 ガス供給手段
- 3 冷却器
- 11, 41 ガス供給路構造
- 12 導波管
- 21, 32 発光部
- 21a, 33 上下幅調整手段
- 22, 23 一対の反射構造体
- 24 窓部
- 25 ベローズポンプ

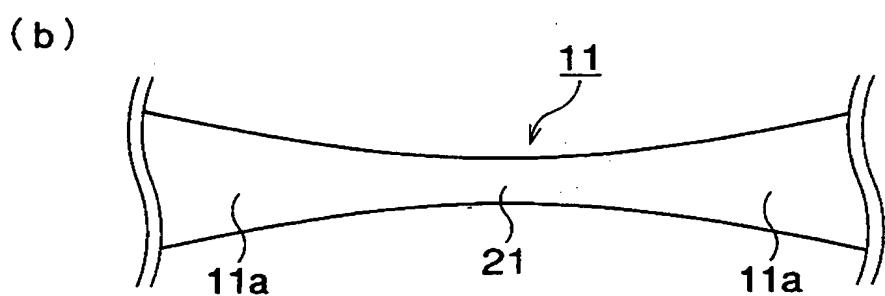
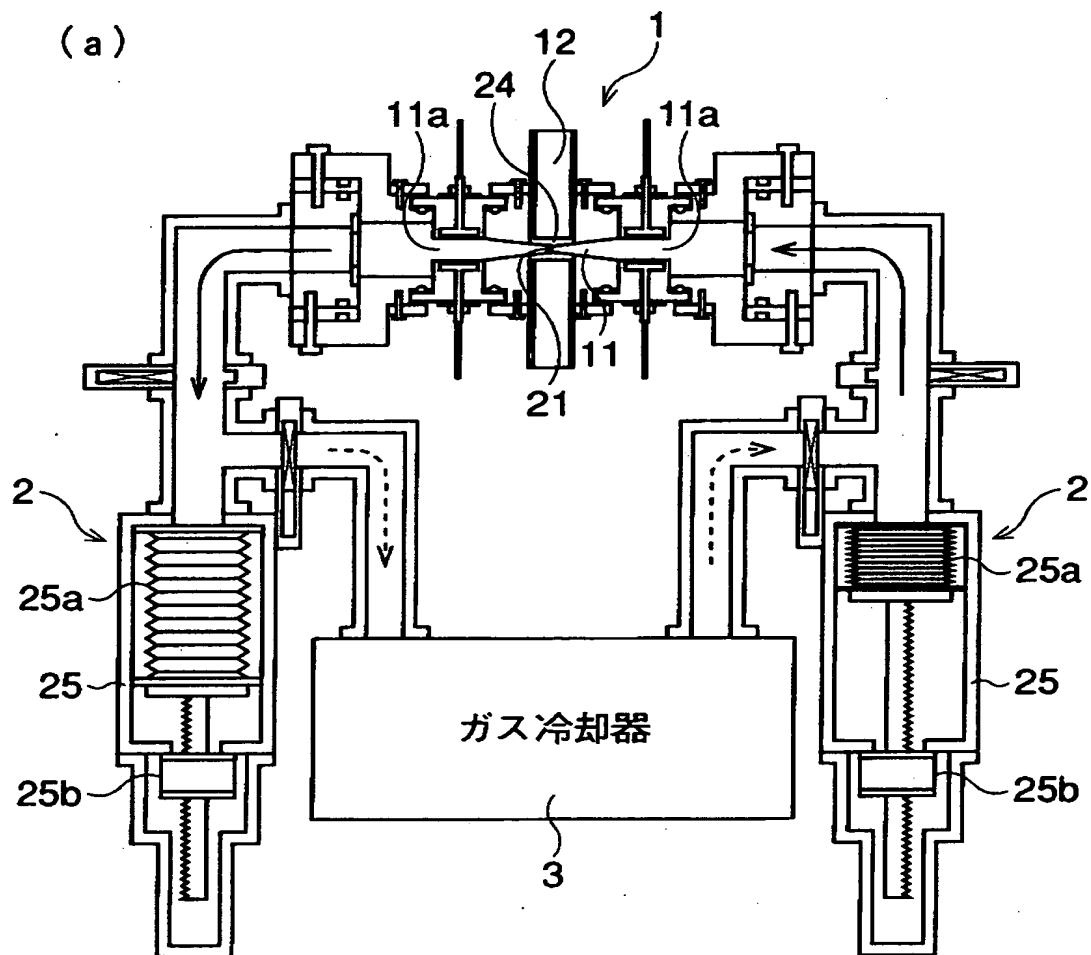
- 25a ベローズ部
- 25b サーボモータ
- 26 中空流路
- 27 低コンダクタンス部
- 31 ガス供給路構造群
- 42, 43 加熱・冷却手段
- 101 レチクル
- 102 ウエハ
- 111 光学系
- 112 投影光学系
- 113 ウエハチャック
- 114 ウエハステージ
- 121 エキシマレーザ発振装置
- 122 ビーム形状変換手段
- 123 オプティカルインテグレータ
- 124 絞り部材
- 125 コンデンサーレンズ
- 127 ブラインド
- 128 結像レンズ
- 129 折り曲げミラー

【書類名】 図面

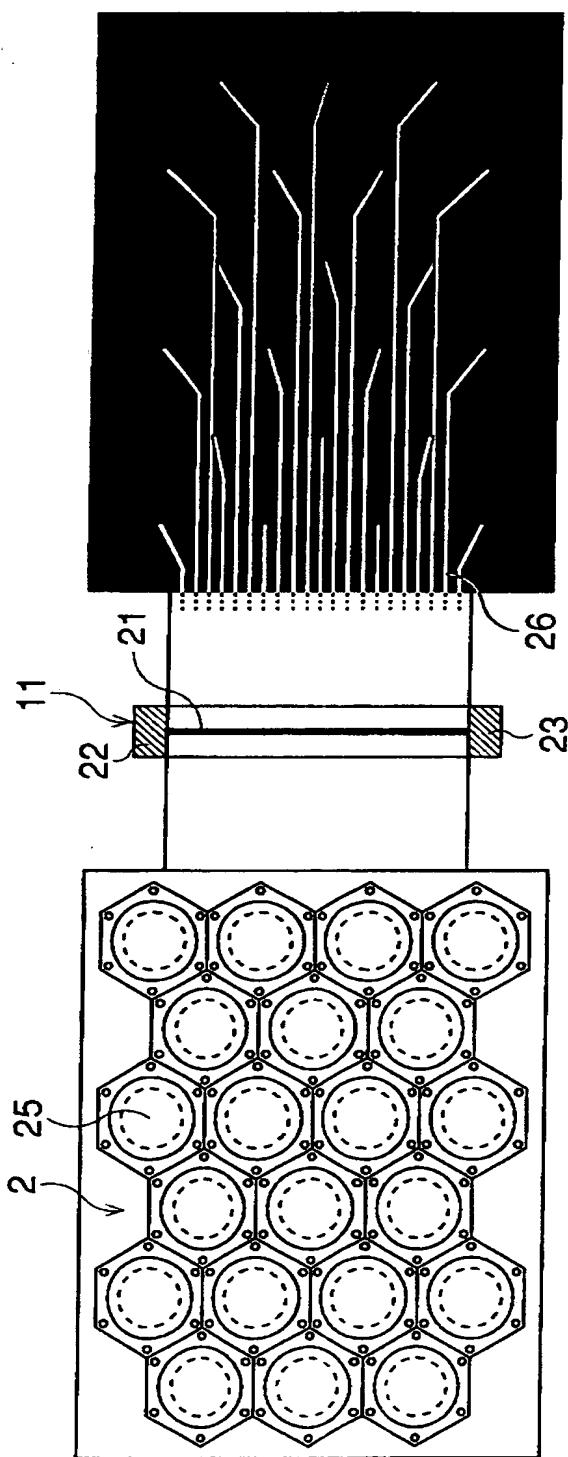
【図1】



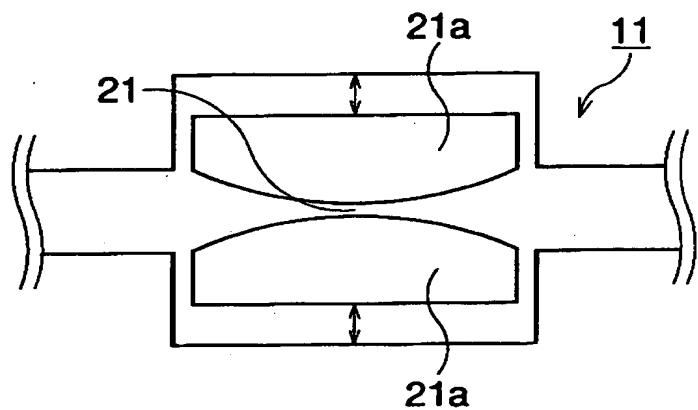
【図2】



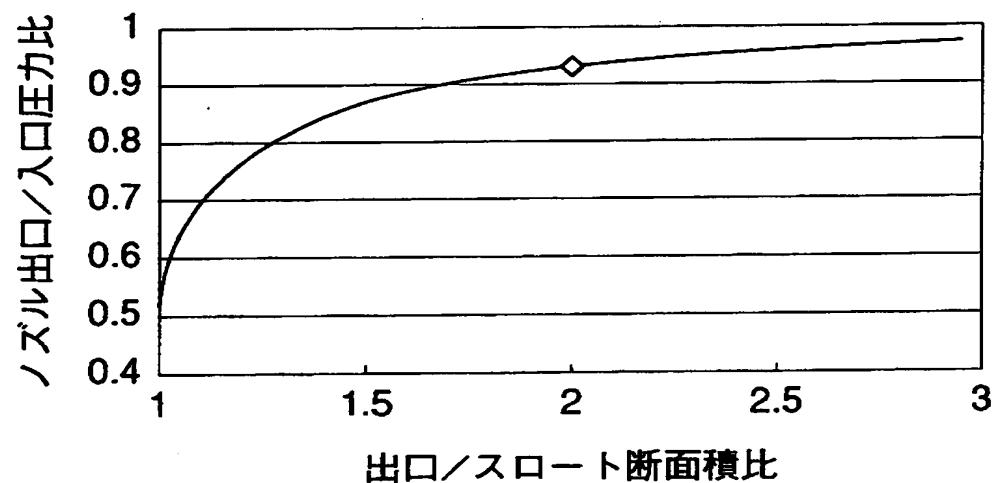
【図3】



【図4】



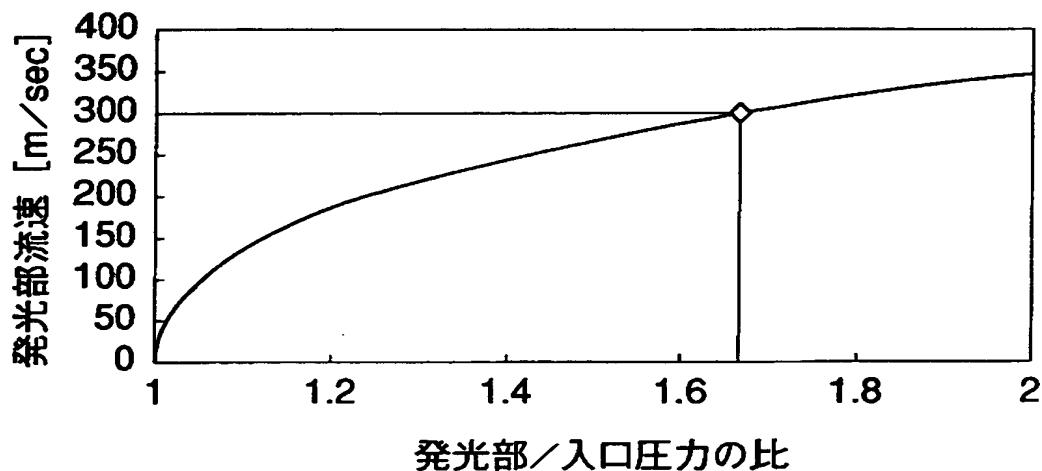
【図5】



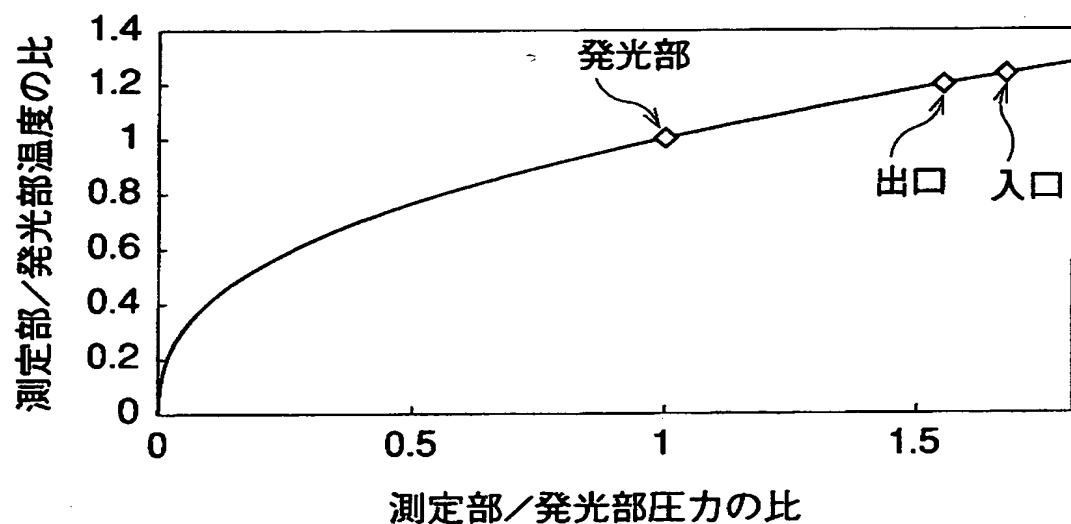
【図6】

| 断面積の減少 | | 断面積の増加 | |
|--------|----|--------|----|
| | | 音速 | 音速 |
| 速度 | 増加 | 減少 | 増加 |
| マツハ数 | 増加 | 減少 | 増加 |
| 圧力 | 減少 | 増加 | 増加 |
| 密度 | 減少 | 増加 | 減少 |
| 温度 | 減少 | 増加 | 増加 |
| 音速 | 減少 | 増加 | 減少 |

【図7】

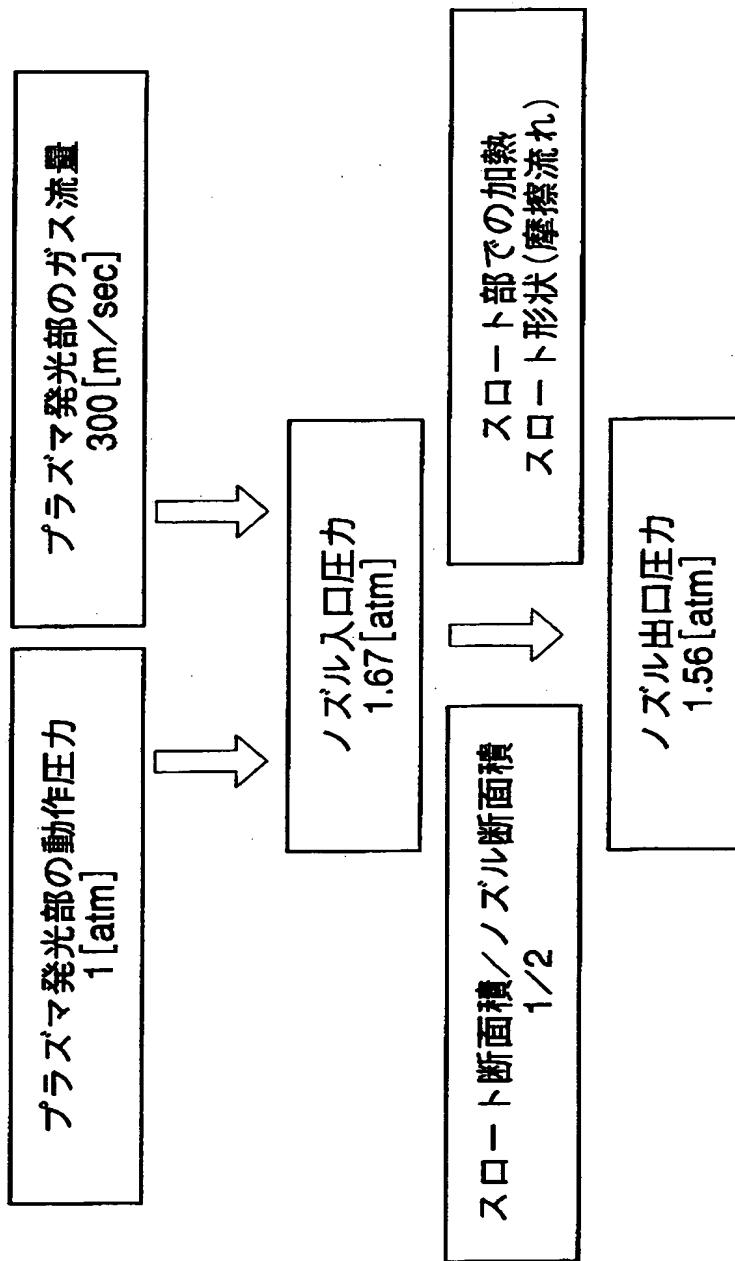


【図8】

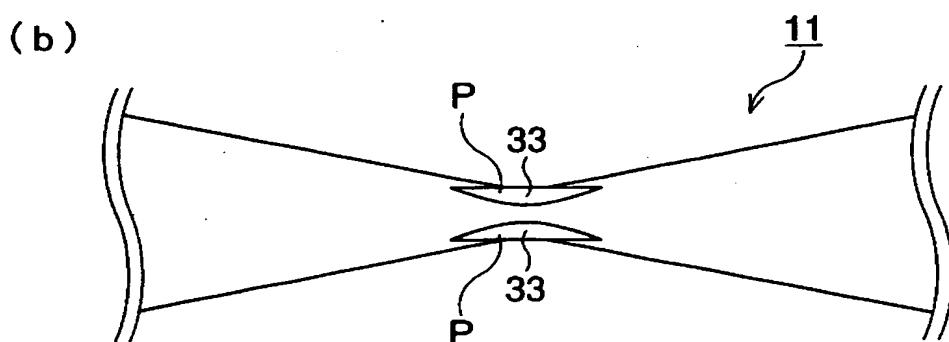
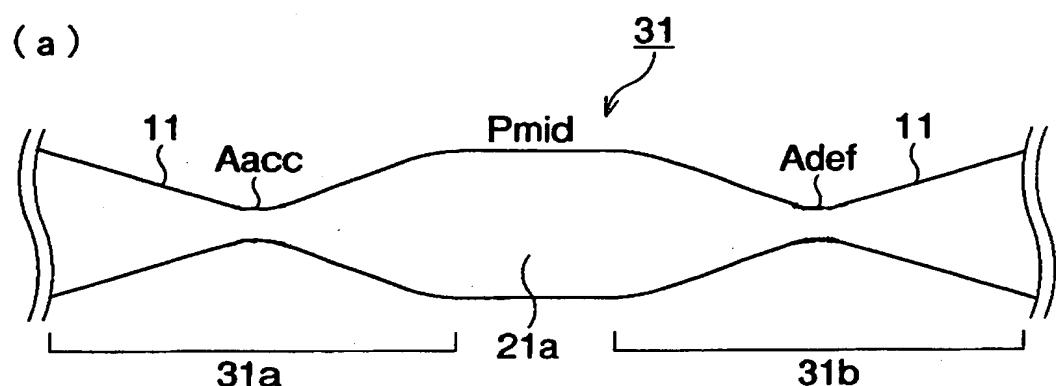


入口側ガス温度 : 25°C
 発光部 : -30.3°C
 出口ガス温度 : 16.9°C

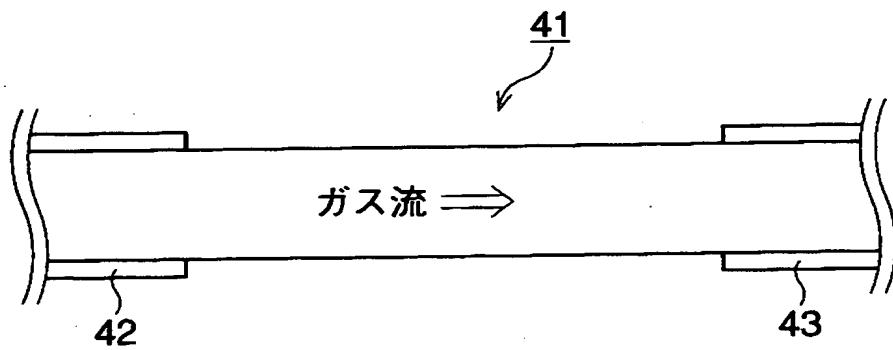
【図9】



【図10】



【図11】

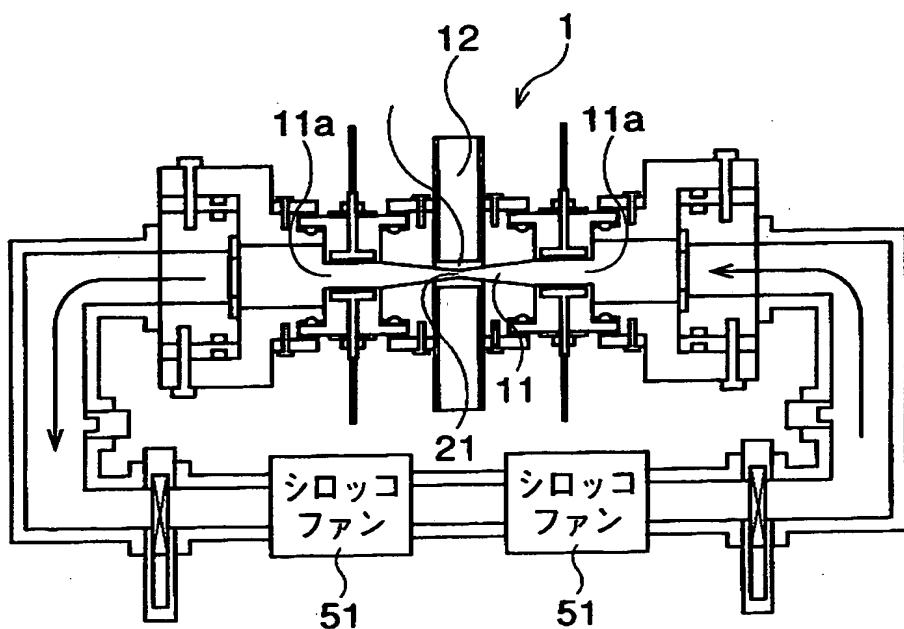


【図12】

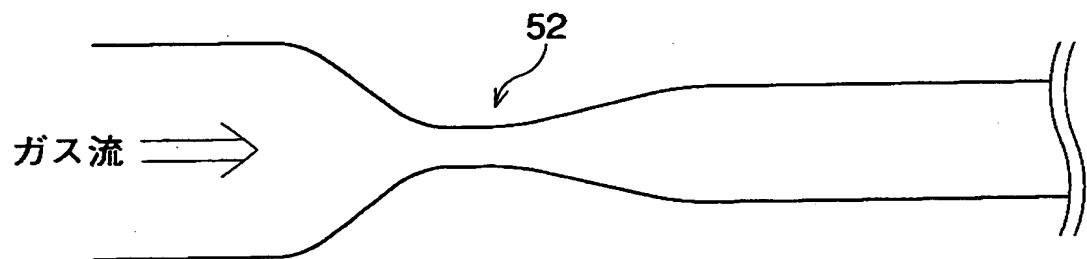
| 熱の授与 | 加熱 | | 冷却 | |
|------|--|----|--|----|
| | 垂音速 | 音速 | 垂音速 | 音速 |
| 速度 | 増加 | 減少 | 減少 | 増加 |
| マッハ数 | 増加 | 減少 | 減少 | 減少 |
| 圧力 | 減少 | 増加 | 増加 | 減少 |
| 密度 | 減少 | 増加 | 増加 | 減少 |
| 温度 | $M < \gamma^{-1/2}$ 増加 $\gamma^{-1/2} < M$ 減少 | 増加 | $M < \gamma^{-1/2}$ 減少 $\gamma^{-1/2} < M$ 増加 | 減少 |
| 全圧 | | 減少 | 増加 | 増加 |
| 全温度 | | 増加 | 増加 | 減少 |

$\gamma^{-1/2}$ 0.775 : 単原子分子
 0.845 : 2原子分子

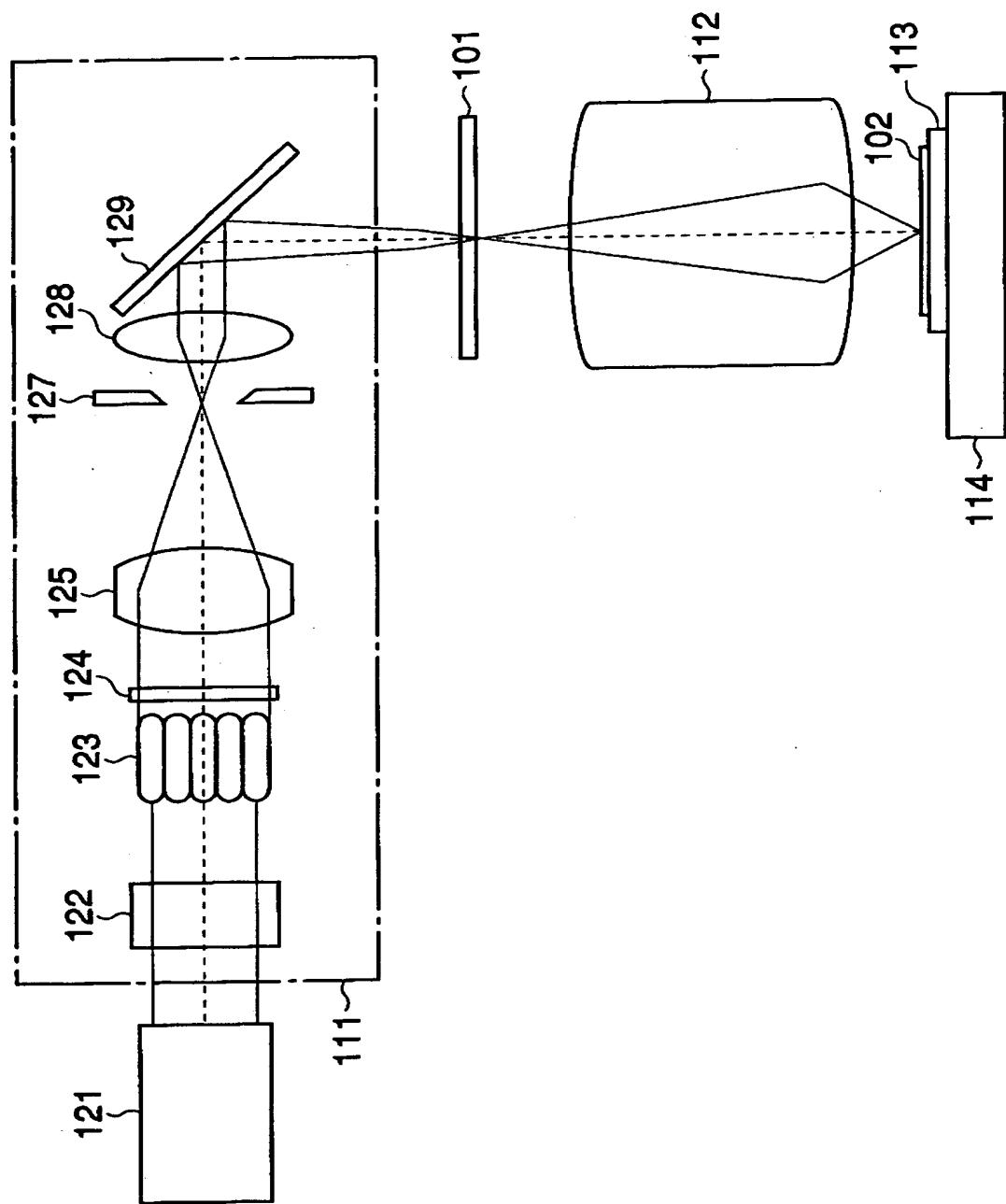
【図13】



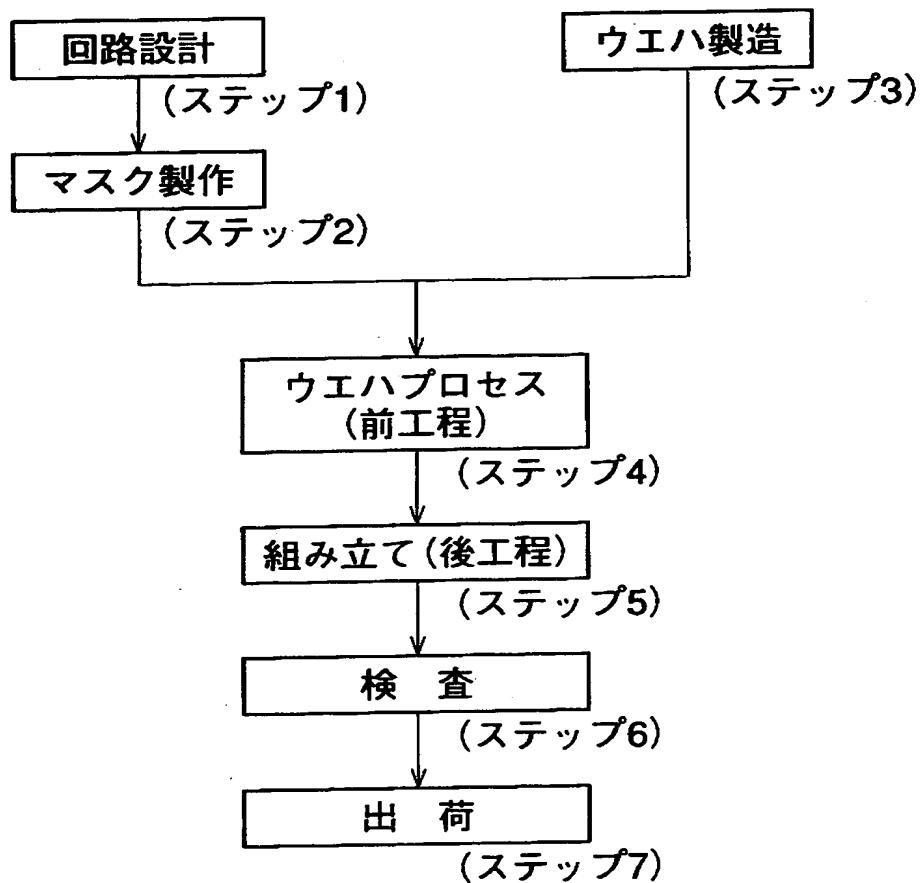
【図14】



【図15】

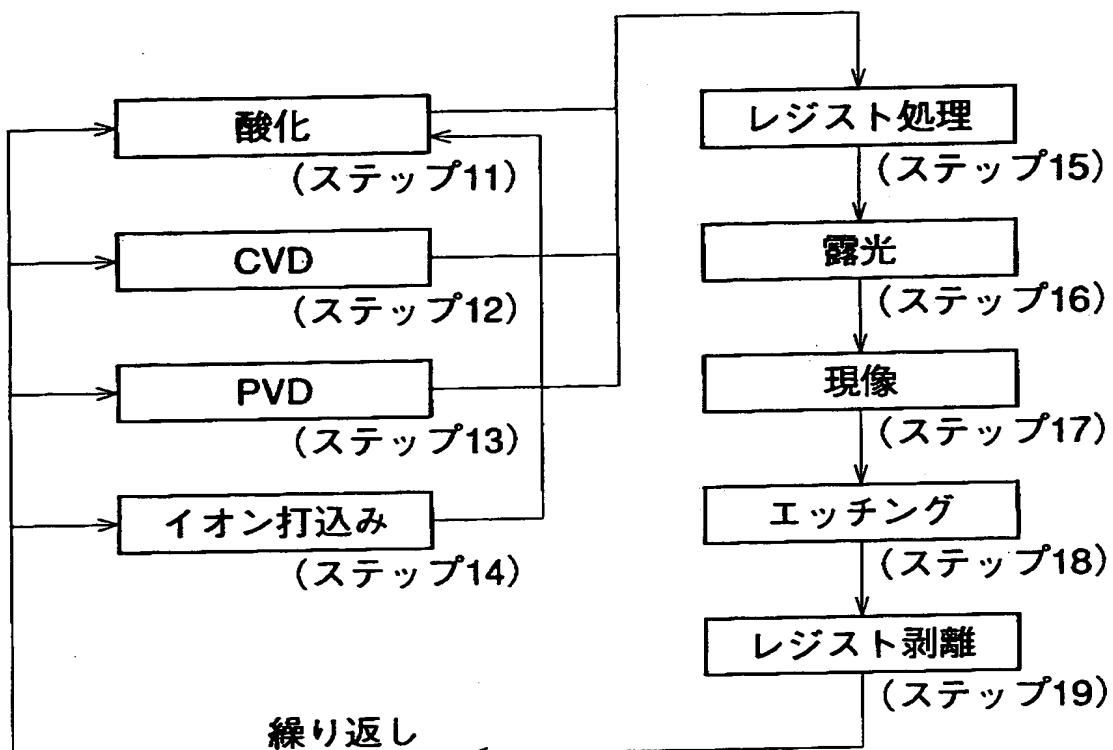


【図16】



半導体デバイス製造フロー

【図17】



ウェハプロセス

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡易な構造で音速に近い程の高速流を形成しつつも、衝撃波の発生を抑止し、枯渇しがちなエキシマレーザガスを衝撃波の発生を懸念することなく迅速に補給して、長時間の安定な発光を維持することを可能とする。

【解決手段】 ガス供給路構造11を、一対の流入出口11aからレーザガスを流入出させる流路を形成し、発光部21でレーザガスを所定の亜音速となるよう制御する。ガス流速を制御するガス供給手段2は、ガス供給路構造11の流入口及び流出口にそれぞれ接続され、冷却器3と一体となって循環系を形成しており、レーザガスの流速や圧力を流入口や流出口でそれぞれ制御するものであり、ここではマトリクス状に結合した複数のベローズポンプ25で構成する。

【選択図】 図2

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000205041
【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
【氏名又は名称】 大見 忠弘

【特許出願人】

【識別番号】 000001007
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090273
【住所又は居所】 東京都豊島区東池袋1丁目17番8号 池袋TGホ
ームズビル5階 國分特許事務所
【氏名又は名称】 國分 孝悦

出願人履歴情報

識別番号 [000205041]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
氏 名 大見 忠弘

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社